面向多维应用的替代计量学“场景-问题-方法”研究框架

张洋，谢迎花，梁以安，余厚强
（中山大学信息管理学院 广东广州 510006）

摘要:【目的】替代计量分析已得到广泛认可和使用，但国内较多将其局限于科学评价视域，忽视了替代计量学广阔的应用场景。本文通过构建替代计量学“场景-问题-方法”研究框架，旨在丰富替代计量分析的研究设计，促进替代计量学健康可持续发展。【方法】通过借鉴科学学、信息计量学中的成熟框架，结合替代计量学的特征，构建起研究框架。【结果】替代计量学的应用场景可分为评价指标、科学传播、知识扩散三种。从研究问题视角构建替代计量分析的方向，面向评价指标场景提出指标应用、影响因素和指标构建三个方向的研究问题；面向科学传播场景提出传播策略、传播结构、传播趋势、科学与社会互动四个方向的研究问题；面向知识扩散场景提出扩散策略、扩散结构和扩散效果三个方向的研究问题。最后，结合因果推断、网络分析和机器学习三种关键分析方法，阐述每种研究问题相应的研究设计思路，对替代计量学的未来发展进行了展望。【结论】本研究提出的替代计量学框架有利于促进替代计量学进入内涵式发展阶段。

关键词：替代计量学；应用场景；研究问题；关键方法
分类号：TP393，G250
DOI：10.11925/infotech.2023-1224.

A “scenario-problem-method” research framework for altmetrics oriented to multidimensional applications

Zhang Yang, Xie Yinghua, Liang Yian, Yu Houqiang
(School of Information Management, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract：[Objective] Altmetrics analysis has been widely recognized and used, but many in China limit it to the perspective of scientific evaluation, ignoring the broad application scenarios of altmetrics. By constructing a three-dimensional research framework of "scenario-problem-method" for altmetrics, this article aims to enrich the research design of altmetrics analysis and promote the healthy and sustainable development of altmetrics. **[Methods]** Based on the characteristics of altmetrics and the mature frameworks in science of science as well as informetrics, a research framework is proposed. **[Results]** The application scenarios of altmetrics analysis are summarized into scientific evaluation, scientific communication and knowledge diffusion. Specifically, indicator application, influencing factors and indicator construction are proposed for scientific evaluation scenarios. Communication strategies, communication structures, communication trends, as well as science and social interaction are proposed for scientific communication scenarios. And research questions in knowledge diffusion include diffusion strategy, diffusion structure and diffusion effect. And we combine three key analysis methods of causal inference, network analysis and machine learning to explain each research design corresponding to the problem. **[Conclusions]** The

research framework proposed in this article is conducive to promoting altmetrics to enter the connotative development stage.
Keywords：Altmetrics; Application Scenarios; Research Questions; Key Methods

1　引言

替代计量学的应用范围日益拓展。国际主流出版商为每篇期刊文章提供了替代计量关注度得分；学术成果在社交媒体上的提及和传播便利了学术交流和合作，减少了面对面科普的资源消耗。近年，Altmetric.com 等替代计量数据库也在不断增加新闻平台和政策平台的数量，以期能够更好地反映学术成果的社会影响力。

替代计量研究日益成熟。在研究内涵中，Costas 等人强调了替代计量学在探究科学与社会互动中的潜力，提出社交媒体计量学的新术语[1]。在数据质量中，理论层面的评价体系已初步建立[2],面向多个平台的数据质量评价正逐步开展[3]。同时，余厚强为替代计量研究构建起理论框架[4]；刘晓娟等人从引文分析法出发，构建起替代计量分析的方法体系[5]。但是，替代计量研究的应用仍集中在引文预测[6]、期刊文章聚类[7]等方面，尚未发掘出替代计量学的多维应用场景。

正如巴拉巴西团队提出科学学的四大应用场景和两大分析方法[8]，王贤文等人提出科学计量学的数据、方法和用途框架[9]，李长忠等人提出网络计量学的研究对象与方法[10]一样，目前尚没有研究者从时代背景出发思考替代计量学的应用场景，其中的研究问题和关键方法也未厘清。

尽管科学评价是替代计量学的重要应用场景，但是必须指出，替代计量学拥有更加广阔的应用场景，还有许多值得研究的问题，也需要借鉴和引入前沿方法。因此，本文旨在识别替代计量学的多维应用场景，提出替代计量学在科学范式变革和智联网时代的研究问题，指出相应的关键分析方法，将其归纳为替代计量学的研究框架，以推动替代计量学高质量发展。

2　替代计量学的研究框架

替代计量学源于互联网与科学的碰撞。一方面，替代计量学传承了信息计量学在信息管理、科技评价中的应用场景，汲取了其中最为核心的统计分析方法和网络分析方法。另一方面，受信息技术进步和科学范式变革的影响，替代计量学中的机器学习趋势日益凸显。因此，在图 1 中，本文将替代计量学的应用场景分为评价指标、科学传播、知识扩散；在统计分析方法的基础上，提出替代计量学中有广泛应用前景的因果推断、网络分析、机器学习方法；随后，构建起替代计量学的应用场景、研究问题、关键方法之间的联系网络，将其称之为“研究框架”，并提出替代计量学的发展方向。

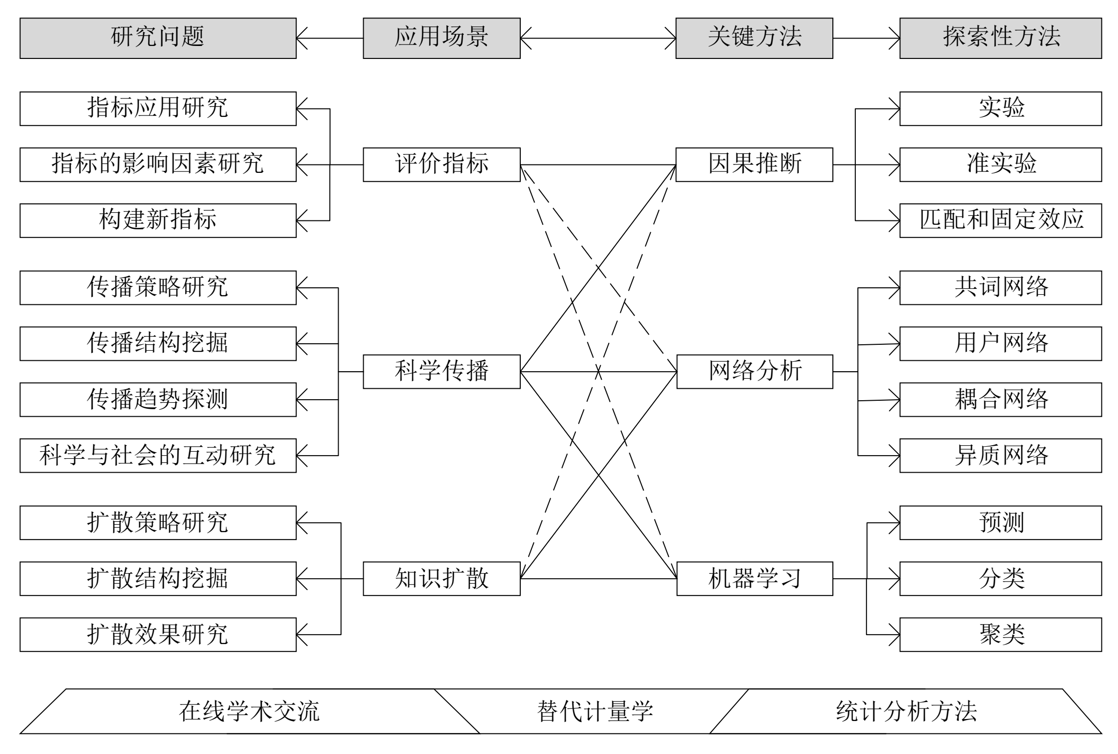


图 1　替代计量学的研究框架

Fig 1. Research framework in altmetrics

值得注意的是，上述框架中的应用场景与关键方法并非一一对应，因为不同方法在解决同一研究问题时各有侧重。例如，网络分析与机器学习均可以开展知识扩散研究。但是，如果聚焦于知识扩散本身，或者将知识扩散作为研究目的，则需要运用较为复杂的网络分析方法，如耦合网络、异质网络等，才能挖掘不同学术成果的扩散网络。如果仅将知识扩散作为研究手段，旨在从知识扩散中获取有价值的信息，则需要运用机器学习方法执行进一步的预测或分类任务。再如，因果推断、网络分析和机器学习均可以开展科学传播研究。但是，如果聚焦于科学传播的策略，则需要运用因果推断方法验证其有效性。如果聚焦于科学传播过程，即不同平台、不同用户在科学传播中的作用及其联系，则需要从网络的角度来厘清节点的大小和连线的信息。如果聚焦于科学传播结果，即科学传播范围、数量等，则需要运用机器学习方法来进行科学预测。

但是，目前的替代计量研究尚不能囊括研究框架的全貌，未来需要进一步拓展替代计量分析，以促进替代计量学发展。

2.1 替代计量学的应用场景

本文将替代计量学划分为评价指标、科学传播、知识扩散三大应用场景。原因有三：

（1）替代计量学内涵的界定。余厚强曾从狭义和广义两方面定义了替代计量学，前者将其视为社交网络计量指标，后者聚焦替代计量数据的产生情境——在线学术交流[11]。

（2）替代计量学发展的需求。事实上，在替代计量学产生之初，多数研究集中于评价指标研究，鲜少在学术交流层面开展替代计量研究[12]。

（3）网络时代的社会互动维度[13]。如果在线学术交流涉及范围较广，互动方式较为灵活，如科研工作者与政策制定方、新闻媒体、社会公众之间的互动，则属于科学传播研究。如果在线学术交流局限于科研工作者层面，有特定的科学价值导向，则属于知识扩散研究。

2.2 替代计量学的研究问题

本文对上述应用场景进行手段、过程和目标的划分，提出十大研究问题。

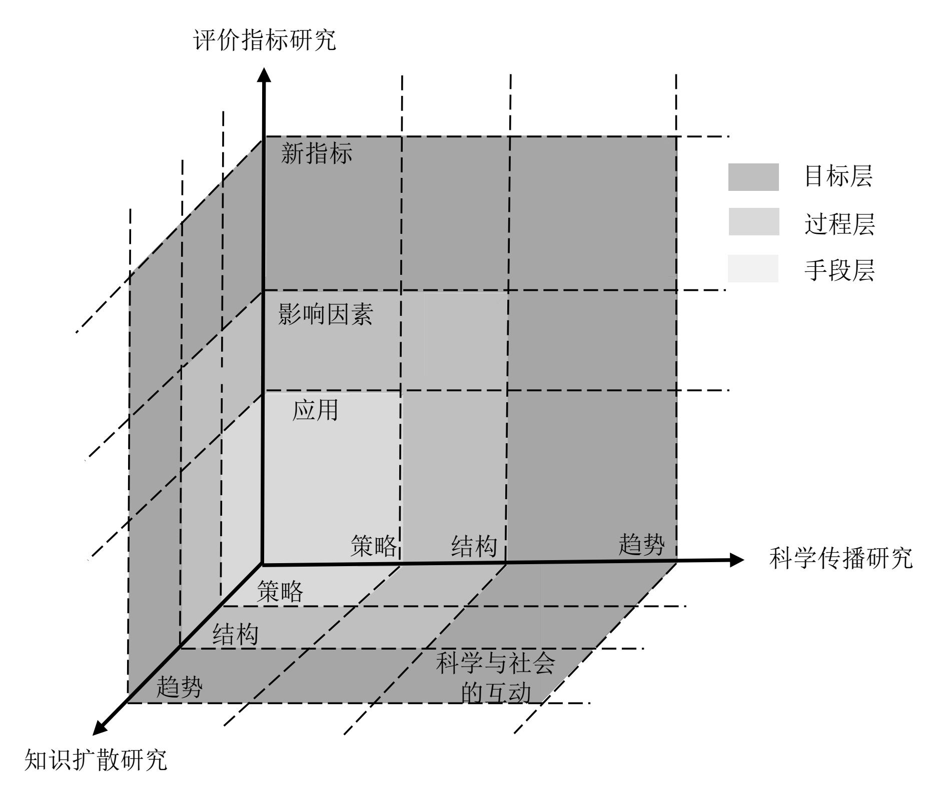


图 2　替代计量学的研究问题

Fig 2. Research question of altmetrics

手段层是在线学术交流的起点，受到平台功能、用户主观偏好的影响。相对应的替代计量研究包括平台功能和开放数据支持下的指标应用研究、科学传播策略研究、知识扩散策略研究。

过程层是在线学术交流的核心，受到提及形式、平台类型、用户身份诸多因素的影响。这意味着替代计量研究既需要挖掘学术成果的不同提及形式，也需要厘清不同学术成果在不同互联网平台、不同用户间的传播过程，相对应的替代计量研究包括指标的影响因素研究、传播结构挖掘、扩散结构挖掘。

结果层以学术成果在互联网平台上的数字痕迹为核心，可以直接衡量在线学术交流的效果，也可以间接发现有价值的学术信息。相对应的替代计量研究包括构建新的评价指标、扩散效果研究、传播效果研究、科学与社会的互动研究。

2.3 替代计量学的关键方法

替代计量学的关键方法可分为因果推断、网络分析、机器学习。原因有三：

（1）替代计量学被称为网络计量学的新方向[12]，有研究将网络计量学的分析方法分为四大类：推论统计、图论、网络、数据挖掘[10, 14]。

（2）网络分析方法是替代计量学的关键方法之一[15]。结合在线学术交流的复杂结构，替代计量学中的网络分析方法可分为共词网络、用户网络、耦合网络、异质网络。

（3）科学范式变革对替代计量学的影响。本文参考科学学的分类[16]，将替代计量学中的因果推断方法分为实验、准实验、匹配和固定效应。按照信息技术的最终目的[17]，将替代计量学中的机器学习方法划分为分类、聚类和预测三大类。

3　面向评价指标的替代计量分析

如表 1 所示，学界主要使用因果推断方法来探究替代计量指标的影响因素，以期用最大的指标数值来表征在线学术交流的效果；统计分析方法也被用于探究替代计量指标与经典引文指标之间的关系，以挖掘替代计量指标在科学评价中的价值。但是，目前尚未开展更深层次的评价指标研究，也未提出综合性的替代计量指标，须结合下文提出的方向进行拓展研究。

表 1　替代计量分析用于评价指标的情况

Table 1 Altmetrics analysis for studying evaluation indicators

研究方向	关键方法	探索性方法	代表文献
指标应用研究	统计分析	相关分析等	• 评估替代计量指标与大学排名、同行评议得分、引文指标之间的关联程度[18]
指标的影响因素研究	因果推断	实验	• 探究视觉摘要对 Altmetrics 得分、阅读量、点击量、点赞量、评论量、转发量的影响[19] • 探究积极宣传对 Altmetrics 得分、下载量、引文量的影响[20]
		准实验	• 探究开放获取对用户点击量的影响[21]
		固定效应	• 探究开放同行评议对浏览量、下载量、使用量和引用量的影响[22]
		倾向评分匹配	• 探究 OA 徽章对 Twitter 提及量、引文量的影响[23] • 探究国际研究合作对政策提及量的影响[24]
构建新指标	统计分析	描述性统计等	• 构建重复发推行为的新指标，进而探究重复发推行为对学术成果在线传播的影响[25] • 构建图书出版商 Twitter 参与度的新指标，进而探究上述参与度在不同学科、不同年度的差异[26]

3.1 纳入情境的替代计量指标应用

当前，替代计量学中的指标应用研究主要集中在科技评价领域。在研究目的层面，学界已经证实了替代计量指标与经典评价指标之间的正相关性。在关键方法层面，学界主要使用统计分析方法开展研究。这些应用情景和方法都相当有限。

因为替代计量学能捕捉到诸多情境信息，替代计量指标的应用也在于科研人员的研究兴趣推荐、社会公众的科学知识寻求、新闻媒体的科学新闻发现、政策

制定者的科学证据支撑诸多方面，我们将其概括为替代计量学的情境价值。实现上述应用，需要机器学习方法的支撑。

在实现层面，以异构图为代表的图方法有望得到应用。但是，我们也提倡建立统一框架，以论文为核心，将替代计量的相关主体加入至异构图中。论文可根据摘要、全文赋予其属性，而提及者可根据用户信息、浏览记录或发表记录赋予其属性。由此衍生的诸多元路径可用于面向不同主体的识别、推荐等下游场景。当然，在此之前，需准确判断用户类别。用户类型识别已有相当成熟的算法，诸如基于机器学习、图技术、知识图谱等。另外，也须推动替代计量研究纳入平台的服务之中，提高产业界对替代计量学的认识。

3.2 替代计量指标的内在机制研究

当前，替代计量指标的内在机制研究中出现了大量的实验、准实验的方法，极大地增加了研究结果的可靠性。但替代计量指标的形成机理复杂，这与学界对提及量、转发量的直接应用模式不相匹配，指标数量无法代表社会影响力，也无法揭示替代计量数据的实际意义。

探究替代计量指标的内在机制，关键在于厘清指标数量的形成过程和背后意义。以一篇学术成果的提及为例，同一平台上的阅读量、点赞量、分享量之间可能有某种关联；被文章作者或学术期刊提及的影响力或许不等同于被社会公众提及的影响力；官方新闻提及与社交媒体提及所反映的影响力也有所不同。

在落实层面，须运用实验、准实验方法开展面向多平台的替代计量指标研究，获得较为显著的影响替代计量指标的因素；也需要推广异质网络、耦合网络的应用，设置不同的节点类型、不同的关联方式来获取不同平台、不同用户、不同交流行为之间的复杂联系，以厘清替代计量指标的实际意义。

3.3 测度学术交流的新指标构建

未来，指标构建研究应从分散走向统一，由粗糙走向精确，考虑学术成果在互联网平台上的受欢迎程度，衡量多种社会群体参与学术交流的情况。

从分散走向统一，需要把握在线学术交流中的利益相关方，如政策制定者、期刊出版商、社会公众，然后基于大规模数据集探究不同群体参与在线学术交流的程度，实现指标的归一化和标准化。当研究学术成果在互联网平台上的交流情况时，可根据受众类型，将不同平台提供的阅读量、点赞量、评论量，甚至是评论文本按比例折算为一个最终的指标，也需考虑指标的计算难度。但是，目前尚没有数据库提供较全面的中国替代计量数据，研究者可通过术语检索或实体识别方法来获取数据。

由粗糙走向精确，关键在于自动识别提及学术成果的动机。替代计量的场景众多，对动机的识别不是简单的文本分类，而是强调文本的特性，可通过以下两种思路实现：（1）定义编码表，对替代计量文本进行人工分类；（2）运用预训练的深度学习模型进行自动识别。但是，替代计量数据并非结构化文本，也面临着短文本、变体词、多模态的挑战。未来可基于图或知识图谱等，综合用户信息、文本信息和论文信息，来识别用户的多元提及动机。

4　面向科学传播的替代计量分析

当替代计量学面向社会公众时，便加入了科学传播的研究队列之中。在应用场景上，替代计量研究反映了科学传播的全过程，打造了一个从选择传播策略、透明化传播过程、总结传播效果，进而实现科学与社会互动的循环系统（表 2）。在关键方法上，替代计量学中的网络分析、机器学习和因果推断方法为探索科学传播的“黑箱”提供了有效工具。

但是，替代计量学中的科学传播研究尚未得出综合性的传播策略框架，也未深入到利益相关者的思想意识层面。未来仍需要运用实验、准实验等因果推断方法来构建系统性的传播策略，挖掘不同主体的价值观情况，促进科学与社会更好地互动。

表 2　替代计量分析用于科学传播的情况

Table 2 Altmetrics analysis for studying science communication

研究方向	关键方法	探索性方法	代表文献
传播策略研究	因果推断	准实验	• 探究规范性语言对公众信任科学的影响[27] • 探究信息来源和传播模式对公众信任科学、感知有效性、参与在线学术交流的影响[28] • 探究科学家身份和用户资料描述对社会感知和互动意向的影响[29] • 探究科学传播战略对学术成果被政府官员提及的影响[30]
传播结构挖掘	网络分析	共词网络	• 比较 Twitter 上不同用户对期刊文章的提及差异[31]
		用户网络	• 探究人类用户与自动化用户、学术用户与非学术用户在 Twitter 学术交流中的作用与联系[32] • 探究 Twitter 上的弱关系用户与意见领袖在期刊文章转发中的作用[33]
		耦合网络	• 比较期刊文章被新闻提及与被博客提及的社会影响力[34] • 识别 Twitter 上对同一研究主题感兴趣的用户群体[35]
		异质网络	• 比较精英期刊文章与非精英期刊文章在 Twitter 上的传播模式[36]
传播趋势探测	机器学习	人工神经网络	• 预测期刊文章在 Twitter 上的转发量[37]
		XGBoost	• 判断期刊文章在 Twitter 上的提及量与传播时间[38]
科学与社会的互动研究	因果推断	固定效应	• 比较科研资助与公共使用之间的一致性[39] • 探究平台类型和推文特征对公众信任科学的影响[40]
	网络分析	共词网络	• 探究 Twitter 文本在发现期刊文章问题方面的潜力[41]
		用户网络	• 探究 Twitter 上被提及或转发的期刊文章是否会扩展到学术界之外[42]

4.1 基于因果推断的传播策略研究

目前，以医学为代表的研究团队致力于比较不同传播策略对促进社会讨论的作用，期望提高公众对科学的信任，也将准实验的方法应用至替代计量研究中。在研究对象层面，普通公众是科学传播的主要对象，但也不应忽视政策制定者、期刊出版商在科学传播中的桥梁作用。在自变量的设置中，目前所关注的表达语言、信息来源和传播模式主要集中在学术成果的外部条件，尚未关注学术成果的内容属性、平台类型对科学传播的影响。在研究方法层面，准实验虽然可以提高研究结果的稳健性，但对数据规模提出了一定要求。在研究结果层面，由于主体的多样性、行为的复杂性、动机的多元性，目前已证实的传播策略尚未归纳成统一规律。未来可从以下两方面进行拓展研究：

一方面，我们要厘清可能会影响科学传播的多种因素，运用仿真模型来优化学术成果传播策略，构建起较为完整的科学传播体系。这既包括学术成果的作者、研究主题、发布期刊，也包括互联网平台上的话题、专栏等功能模式，还包括目标群体的偏好、表达形式诸多因素。考虑上述因素的影响，离不开匹配和固定效应方法；同时，也需要运用图算法与知识图谱技术来判断用户类别。

另一方面，未来须从行为和认知两方面保障传播效果，这离不开实验法的应用。如果想探究不同传播策略对政府官员的影响，就需要通过合作请他们参与至科学实验之中，也需要对实验组和对照组采取不同的传播策略，最后通过问卷调查或者访谈法来获取政府官员对学术成果的态度，进而比较实验结果，获取最佳传播策略。但是，实验法需要一定的资金、人力作为支撑，亟须加大对替代计量学的支持。

4.2 纳入数据驱动的传播结构挖掘

目前，替代计量学中的传播结构挖掘多以 Twitter 为研究对象，假设不同用户、不同期刊文章有着不同的传播过程。在关键方法层面，学界将文献计量学中常用的共词网络和耦合网络拓展至替代计量研究中，也开发了适用于替代计量分析的用户网络和异质网络，初步形成了较为完整的方法体系。

未来，替代计量学有望助力科学传播研究向数据驱动方向发展。基本思想是获取学术成果在多种互联网平台上的交流痕迹，调查标题、链接、DOI 诸多不同提及形式的分布情况；运用网络分析方法探究不同用户、不同平台在科学传播中的作用和联系。上述研究思路强调将机器学习方法作为数据获取、数据清洗的主要方法，将网络分析方法作为数据分析的主要方法，并实现有机结合。

在具体落实层面，可以通过爬虫、统一标识符、与出版商或社交媒体平台合作等方式获取微信、知乎等平台上的学术成果提及数据；融合多主体、多行为、多平台的异质网络可以厘清科学传播的复杂结构；描述性统计可以快速了解不同提及形式、不同主体的分布情况。同时，替代计量学者还需要发挥社交媒体平台的优势，倡导建立较为统一的提及方式，帮助公众从多方面了解学术研究过程，控制科学传播质量。

4.3 基于机器学习的传播趋势探测

目前，学界通过借鉴可能会影响引文量的诸多因素，运用深度学习方法来预测学术成果在 Twitter 上的提及量、转发量和传播时间，实现了传播结果的前瞻性预测。但是，仍存在以下不足：其一，过于追求预测效果，可解释性不足；其

二，当前的预测目标尚不能延伸至传播强度、传播深度、传播潜力、传播主题等方面；其三，预测结果尚未应用至信息管理之中。

改进上述不足，需要可解释机器学习、网络分析方法的支撑。例如，以决策树、贝叶斯模型为代表的机器学习方法可以回答一篇文章的广泛传播是由其文章质量决定的，还是由传播者或传播结构决定的。再如，以共词网络为代表的网络分析方法可反映科学传播中受欢迎的主题特征。同时，基于已获取的科学传播数据，我们可以运用深度学习模型、时间序列分析等方法来预测热点、管理舆情，将替代计量学推广至平台的功能模式之中。

4.4 科学传播中的社会互动研究

科学传播的目的在于增强公众对科学的理解和信任，也在于让科学界听到公众的声音。但是，我们无法评估科学与社会互动的效果，因为我们不清楚社会公众是否真正接受科学思维，是否具有较高的科学素质；不清楚科研人员是否会重视社会公众；也不清楚公众的点赞行为是否能反映他们对科学的信任。这正是替代计量学在未来的发展方向。

未来，亟须重视实验、准实验方法在社会互动中的应用。例如，可以基于长期的队列研究来观察参与互动的社会公众是否具有了更高的科学素质，也可以观察参与传播的科研人员是否更加关注社会热点。我们也建议引入行为实验来考察社会公众的心理特征，厘清不同的信息行为背后所代表的实际意义，以促进科学与社会的互动。上述思路对替代计量数据的粒度提出了挑战，要求科研人员实时获取实验数据，保证实验过程的透明性。

5 面向知识扩散的替代计量分析

替代计量学中的知识扩散涉及多方利益相关者，如知识的提及者、转发者、讨论者、接收者；包括微信、微博等多种社交媒体平台；扩散的知识可能是以期刊文章为代表的学术成果，也可能是隐性的学术思想；包括多种螺旋式上升的学术交流活动，如知识共享、转移、吸收和创新。目前，替代计量学中的知识扩散研究仍处于起步阶段，下文提供了三种发展方向，以促进替代计量学发展。

5.1 融合多知识形态的扩散策略研究

过去，只有当学术成果以期刊文章、会议论文等形式发表出来，才能被其他学者引用，微观层面的关键词、主题词扩散，宏观层面的期刊扩散、学科扩散均基于此形式。而且，推动知识的线性增长似乎无法与实践应用有机结合起来，这也使得关于知识扩散的争论一直存在。

现在，替代计量学的出现加速了科学交流的进程，也使得知识扩散可以从显性发展为隐性，从隐形转化为显性，从理论扩展至实践，乃至可以实现多知识同时扩散、知识增长与实践应用协同的理想情景。但是，我们尚不清楚推动知识扩散的最佳策略，回答上述问题离不开因果推断、统计分析方法的支撑。

知识扩散策略研究是在比较中发现交流学术成果的最佳方式。探索性的步骤可分为以下三方面：其一，借助经典知识扩散研究中的理论框架、参考科学传播策略研究成果，发现可能会影响知识扩散的微观策略。其二，选择其中一种策略

作为研究对象，运用准实验或匹配的方法，控制可能会影响知识扩散的其他因素，使得实验组与对照组仅在我们选择的扩散策略上有所不同。其三，运用描述性统计、非参数检验等统计分析方法来揭示扩散策略不同的两组在实验结果上的差异。

5.2 基于文献计量的扩散结构挖掘

目前，面向科研人员的知识扩散过程也未获得关注。这可能是由于我们较难在综合性的互联网平台上精准识别科研人员，也可能是由于科研人员参与在线学术交流的积极性有待提高。虽然已经有 Mendeley、Figshare、科学网等专业学术交流平台，但是，我们对期刊文章、会议论文、专利等学术成果在专业平台上的扩散过程，互联网平台为交流科学思想、扩散学术前沿带来的便利，互联网上的知识扩散与基于引文的知识扩散差异等问题均不清楚，更无法揭示知识扩散的复杂机制。

因此，替代计量学中的扩散结构挖掘应强调以多种类型的学术成果为研究对象，既要关注综合平台上的科研人员交流，也要探究专业平台在知识扩散中的作用，还要充分借鉴经典信息计量学中的知识扩散经验。在具体落实层面，可从以下三方面入手。其一，可运用时序建模、复杂网络动力学等方法来挖掘不同知识载体在互联网平台上的扩散过程。其二，运用准实验、匹配和固定效应模型，分析专业组织、科研人员的扩散动力、扩散能力、知识水平等因素在知识扩散中的作用。其三，运用耦合网络、异质网络的方法来探究学术成果在互联网平台和引文中的扩散过程，打造一个连接多平台、在线形式与传统形式相结合的知识扩散链，实现知识扩散过程的透明化。

5.3 推动科学进步的扩散效果研究

如表 3 所示，替代计量学中的扩散效果研究多以期刊文章为研究对象，旨在实现文章聚类、发现新兴主题、识别突破性研究。常用的关键方法有网络分析和机器学习。上述思路较少关注知识扩散中的主要群体——科研人员，我们尚不清楚知识扩散是否可能会帮助科研人员找寻研究想法、撰写科研论文、促进知识创新；也不清楚知识扩散是否有利于促进科学知识增长。

表 3　替代计量分析用于知识扩散的情况

Table 3 Altmetrics analysis for studying knowledge diffusion

研究方向	关键方法	探索性方法	代表文献
扩散效果研究	网络分析	耦合网络	• 实现期刊文章的聚类[7]
	机器学习	深层神经网络、SVC	• 预测期刊文章的引文量[6]
		AdaBoost 模型	• 预测新兴研究主题[43]
		支持向量机、HDP 模型	• 识别潜在的突破性研究及其主题[44]

回答上述问题，需要网络分析、因果推断、机器学习方法的支撑。在具体落实层面，可从以下方面入手。其一，构建以科研用户为节点、不同交流行为为边的耦合网络，明确知识扩散效果。其二，运用准实验或匹配的方法来探究知识扩散对科研人员知识转化、知识吸收和创新活动的影响。其三，在探究知识扩散对

科学知识增长的研究中，需要通过术语检索、实体识别等技术建立大规模的替代计量数据集。

6 结语

本文提出的三大应用场景将替代计量学的定义与网络环境中的社会互动紧密结合起来，反映了替代计量学在互联网环境中的积极作用；三大方法综合了经典信息计量学和科学学中的关键方法，反映了替代计量学在突破学科界限、解决复杂问题方面的潜力；十大研究问题为深化替代计量研究提供了具体方向，是将应用场景和关键方法有机结合起来的中介。

在评价指标研究中，未来的替代计量研究需要运用网络分析方法来探索不同替代计量指标的形成机理；走出科学评价范畴，运用机器学习方法来促进替代计量学的科学预测、社会推荐功能；开发出适用范围广、解释性强的综合性替代计量指标。

在科学传播研究中，未来的替代计量研究需要运用因果推断方法构建科学传播体系，了解科学传播中的价值观情况；运用网络分析方法厘清学术期刊、新闻媒体等多种利益相关者在学术交流中的作用；基于机器学习方法挖掘科学传播的数量、范围和影响力；运用实验的方法来促进科学与社会的互动。

在知识扩散研究中，应把握在线学术交流中的多种知识形态，运用机器学习方法厘清知识扩散痕迹；开发出适合在线情境的替代计量指标；运用因果推断方法来构建替代计量学中的知识扩散框架；基于机器学习方法发挥替代计量学在发现科学思想、促进科学增长中的作用。

以上三种展望有望指导未来五年的替代计量研究，为促进替代计量学发展提供参考。

参考文献

[1] Costas R, de Rijcke S, Marres N. “Heterogeneous Couplings”: Operationalizing Network Perspectives to Study Science - Society Interactions through Social Media Metrics[J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2021,72(5):595-610.

[2] 刘晓娟，赵卓婧，韦娱．生命周期视角下的Altmetrics数据质量研究[J]．图书情报知识，2019(02):12-18. (Liu Xiaojuan, Zhao Zhuojing, Wei Yu. Research on Altmetrics Data Quality from the Perspective of Life Cycle[J]. Documentation, Information & Knowledge, 2019(02):12-18.)

[3] Yu H, Yu X, Cao X. How Accurate are News Mentions of Scholarly Output? A Content Analysis[J]. Scientometrics, 2022,127(7):4075-4096.

[4] 余厚强．替代计量学的理论框架研究[J]．情报学报，2022,41(08):775-785. (Yu Houqiang. Theoretical Framework of Altmetrics[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2022,41(08):775-785.)

[5] 刘晓娟，王晨琳，韦娱．Altmetrics分析方法体系构建研究[J]．情报理论与实践，2021,44(03):45-52. (Liu Xiaojuan, Wang Chenlin, Wei Yu. Research on the Construction of Altmetrics Analysis Method System[J]. Information Studies: Theory & Application, 2021,44(03):45-52.)

[6] Akella A P, Alhoori H, Kondamudi P R, et al. Early Indicators of Scientific Impact: Predicting Citations with Altmetrics[J]. Journal of Informetrics, 2021,15(2):101128.

[7] Hassan S, Aljohani N R, Shabbir M, et al. Tweet Coupling: A Social Media Methodology for

Clustering Scientific Publications[J]. Scientometrics, 2020,124:973-991.

[8] Fortunato S, Bergstrom C T, Börner K, et al. Science of Science[J]. Science, 2018,359(6379):eaao0185.

[9] 王贤文, 方志超, 胡志刚. 科学论文的科学计量分析:数据、方法与用途的整合框架[J]. 图书情报工作, 2015,59(16):74-82. (Wang Xianwen, Fang Zhichao, Hu Zhigang. Scientometrics Study of Scientific Literature: An Integrated Framework from Data, Methodology and Functions[J]. Library and Information Service, 2015,59(16):74-82.)

[10] 李长忠, 李东洋, 齐源. 网络计量学的研究对象与方法[J]. 情报科学, 2002(01):66-67. (Li Changzhong, Li Dongyang, Qiyuan. Research Object and Method of Webometrics[J]. Information Science, 2002(01):66-67.)

[11] 邱均平, 余厚强. 论推动替代计量学发展的若干基本问题[J]. 中国图书馆学报, 2015,41(01):4-15. (Qiu Junping, Yu Houqiang. Some Basic Problems in Advancing the Development of Altmetrics[J]. Journal of Library Science in China, 2015,41(01):4-15.)

[12] 周子番, 邱均平, 魏开洋. 从文献计量学到“五计学”:计量学方法的演化与发展[J]. 情报杂志, 2021,40(10):171-178. (Zhou Zipan, Qiu Junping, Wei Kaiyang. From Bibliometrics to "Five-Metrics": The Evolution and Development of Bibliometrics Methods[J]. Journal of Intelligence, 2021,40(10):171-178.)

[13] 郑杭生. 社会学概论新修(第五版)[M]. 中国人民大学出版社, 2019:139-169. (Zheng Hangsheng. New Introduction to Sociology (The 5rd Edition) [M]. China Renmin University Press, 2019:139-169.)

[14] 邹勇, 毛世容, 李贵仁. 网络计量学评述[J]. 情报资料工作, 2005(01):16-21. (Zou Yong, Mao Shirong, Li Guiren. Review of Webometrics [J]. Information and Documentation Services, 2005(01):16-21.)

[15] 吴江, 王凯利, 董克, 等. 信息计量领域网络分析方法应用研究综述[J]. 情报学报, 2021,40(10):1118-1128. (Wu Jiang, Wang Kaili, Dong Ke, et al. Review of Application Research on Network Analysis in Informetrics[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2021,40(10):1118-1128.)

[16] Liu L, Jones B F, Uzzi B, et al. Data, Measurement and Empirical Methods in the Science of Science[J]. Nature Human Behaviour, 2023,7(7):1046-1058.

[17] Silge J, Kuhn M. Tidy Modeling with R : A Framework for Modeling in the Tidyverse[M]. 2022.

[18] Moshtagh M, Sotudeh H. Correlation between Universities’ Altmetric Attention Scores and Their Performance Scores in Nature Index, Leiden, Times Higher Education and Quacquarelli Symonds Ranking Systems[J]. Journal of Information Science, 2023,49(4):976-989.

[19] Oska S, Lerma E, Topf J. A Picture is Worth A Thousand Views: A Triple Crossover Trial of Visual Abstracts to Examine Their Impact on Research Dissemination[J]. Journal of Medical Internet Research, 2020,22(12):e22327.

[20] Peres M F, Braschinsky M, May A. Effect of Altmetric Score on Manuscript Citations: A Randomized-Controlled Trial[J]. Cephalalgia, 2022,42(13):1317-1322.

[21] Li H, Liu L, Wang X. The Open Access Effect in Social Media Exposure of Scholarly Articles: A Matched-Pair Analysis[J]. Journal of Informetrics, 2021,15(3):101154.

[22] Wei C, Zhao J, Ni J, et al. What Does Open Peer Review Bring to Scientific Articles? Evidence from PLOS Journals[J]. Scientometrics, 2023,128(5):2763-2776.

[23] Zong Q, Huang Z, Huang J. Do Open Science Badges Work? Estimating the Effects of Open Science Badges on An Article’s Social Media Attention and Research Impacts[J]. Scientometrics,

2023:1-22.
[24] Xu C, Zong Q. The Effects of International Research Collaboration on the Policy Impact of Research: A Causal Inference Drawing on the Journal Lancet[J]. Journal of Information Science, 2023:1387905299.
[25] Cao R, Geng Y, Xu X, et al. How Does Duplicate Tweeting Boost Social Media Exposure to Scholarly Articles?[J]. Journal of Informetrics, 2022,16(1):101249.
[26] Wang Y, Hou H, Hu Z. 'To Tweet or not to Tweet?' A Study of the Use of Twitter by Scholarly Book Publishers in Social Sciences and Humanities[J]. Journal of Informetrics, 2021,15(3):101170.
[27] Agley J, Xiao Y, Thompson E E, et al. Using Normative Language When Describing Scientific Findings: Randomized Controlled Trial of Effects on Trust and Credibility[J]. Journal of Medical Internet Research, 2023,25:e45482.
[28] Dockter C E, Lee S, Boman C D, et al. The Impact of Retransmission and Modality on Communicating Health Research Findings via Social Media[J]. Health Communication, 2021,36(10):1231-1241.
[29] Zhang A L, Lu H. Scientists as Influencers: The Role of Source Identity, Self-Disclosure, and Anti-Intellectualism in Science Communication on Social Media[J]. Social Media+ Society, 2023,9(2):1948383055.
[30] Ashcraft L E, Quinn D A, Brownson R C. Strategies for Effective Dissemination of Research to United States Policymakers: A Systematic Review[J]. Implementation Science, 2020,15(1):1-17.
[31] de Melo Maricato J, de Castro Manso B L. Characterization of the Communities of Attention Interacting with Scientific Papers on Twitter: Altmetric Analysis of a Brazilian University[J]. Scientometrics, 2022,127(7):3815-3835.
[32] Ye Y E, Na J, Oh P. Are Automated Accounts Driving Scholarly Communication on Twitter? A Case Study of Dissemination of COVID-19 Publications[J]. Scientometrics, 2022,127(5):2151-2172.
[33] Cao R, Wang X, Xu X, et al. Multiple Bursts of Highly Retweeted Articles on Social Media[J]. Scientometrics, 2021,126(6):5165-5179.
[34] Ortega J L. How do Media Mention Research Papers? Structural Analysis of Blogs and News Networks Using Citation Coupling[J]. Journal of Informetrics, 2021,15(3):101175.
[35] Arroyo-Machado W, Torres-Salinas D, Robinson-Garcia N. Identifying and Characterizing Social Media Communities: A Socio-Semantic Network Approach to Altmetrics[J]. Scientometrics, 2021,126(11):9267-9289.
[36] Cao R, Liu X F, Fang Z, et al. How do Scientific Papers from Different Journal Tiers Gain Attention on Social Media?[J]. Information Processing & Management, 2023,60(1):103152.
[37] Ma Y, Ba Z, Zhao Y, et al. Understanding and Predicting the Dissemination of Scientific Papers on Social Media: A Two-Step Simultaneous Equation Modeling–Artificial Neural Network Approach[J]. Scientometrics, 2021,126(8):7051-7085.
[38] Ma Y, Li T, Mao J, et al. Identifying Widely Disseminated Scientific Papers on Social Media[J]. Information Processing & Management, 2022,59(3):102945.
[39] Yin Y, Dong Y, Wang K, et al. Public Use and Public Funding of Science[J]. Nature Human Behaviour, 2022,6(10):1344-1350.
[40] Boothby C, Murray D, Waggy A P, et al. Credibility of Scientific Information on Social Media: Variation by Platform, Genre and Presence of Formal Credibility Cues[J]. Quantitative Science Studies, 2021,2(3):845-863.

[41] Haunschild R, Bornmann L. Can Tweets be Used to Detect Problems Early with Scientific Papers? A Case Study of Three Retracted COVID-19/SARS-CoV-2 Papers[J]. Scientometrics, 2021,126(6):5181-5199.
[42] Alperin J P, Gomez C J, Haustein S. Identifying Diffusion Patterns of Research Articles on Twitter: A Case Study of Online Engagement with Open Access Articles[J]. Public Understanding of Science, 2019,28(1):2-18.
[43] Wei W, Liu H, Sun Z. Cover Papers of Top Journals are reliable Source for Emerging Topics Detection: A Machine Learning based Prediction Framework[J]. Scientometrics, 2022,127(8):4315-4333.
[44] Li X, Wen Y, Jiang J, et al. Identifying Potential Breakthrough Research: A Machine Learning Method Using Scientific Papers and Twitter Data[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2022,184:122042.

通讯作者（Corresponding author）： 余厚强（Yu Houqiang），ORCID：0000-0002-9241-6630，E-mail: yuhq8@mail.sysu.edu.cn。

基金项目： 本文系国家自然科学基金面上项目“中国替代计量的数据识别机制与关键分析方法研究”（项目编号：72274227）、教育部人文社会科学研究规划基金项目“融合替代计量分析的高校科研社会影响力评价研究”（项目编号：22YJA870016）和广东省社会科学基金项目“标准化替代计量指标的构建方案与实证研究”（项目编号：GD23YTS04）的研究成果之一。

The work is supported by National Natural Science Foundation of China general project “Study of data identification mechanism and key analytical methods for Chinese altmetrics” (Grant No. 72274227), Ministry of Education Humanities and Social Sciences Research Planning Fund project “Research on the social impact evaluation of university scientific research integrating altmetrics analysis” (Grant No. 22YJA870016) and Guangdong Provincial Social Science Fund Project “the construction plan and empirical research of standardized altmetrics indicators” (Grant No. GD23YTS04)

作者贡献声明：

张洋：提出研究思路，设计研究方案；
谢迎花：采集、分析数据，论文撰写；
余厚强：提出研究思路，设计研究方案，论文起草；
梁以安，谢迎花，余厚强：论文最终版本修订。

利益冲突声明：

所有作者声明不存在利益冲突关系。

支撑数据

[1] 谢迎花. 面向多维应用的替代计量学“场景-问题-方法”研究框架数据集. 10.57760/sciencedb.j00133.00398.